

# Les instruments de surveillance au Piton de la Fournaise



Piton Célimène, éruption du 14 Février 2000

Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise  
Institut de Physique du Globe de Paris

Septembre 2000

## INTRODUCTION

L'Observatoire Volcanologique du Piton de La Fournaise a été créé en 1980 après l'éruption hors enclos de 1977, qui avait partiellement détruite le village de Piton Sainte Rose. Il a deux objectifs : la recherche sur le fonctionnement des volcans et la surveillance de l'activité du Piton de la Fournaise.



La recherche fondamentale et expérimentale permet d'améliorer les techniques et l'instrumentation utilisées afin de mieux connaître les caractéristiques du volcan, d'anticiper son évolution, ses éruptions, et donc d'estimer les risques.

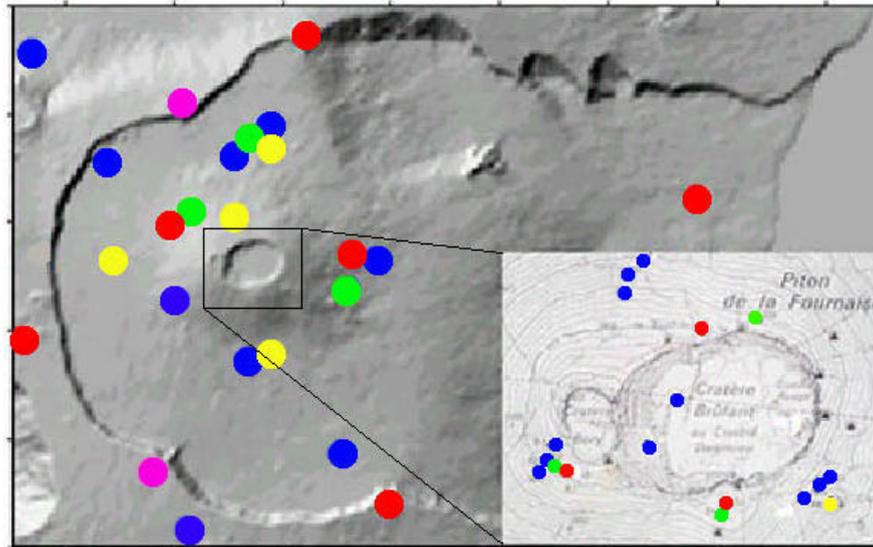
La surveillance est une application de cette recherche, elle répond au besoin de sécurité de la population. Cette surveillance est l'aboutissement de la mise en place d'un important réseau d'instruments dans le cadre de la recherche, opérationnel en temps réel, 24h/24. Ainsi l'expérimentation instrumentale, l'enregistrement et l'interprétation des données comme les sismogrammes, les déformations observées, sont les facteurs de la connaissance du volcan.

Ce fascicule a pour but d'expliquer le fonctionnement et le rôle de chaque instrument utilisé au Piton de la Fournaise.

## Les réseaux

Nous distinguons quatre réseaux différents avec une centaine d'instruments installés sur le terrain :

- le réseau sismique,
- le réseau des déformations avec les inclinomètres, extensomètres, les distancemètre et les récepteurs de GPS,
- les sondes radon et
- le réseau magnétique.



- |   |   |
|---|---|
|  Géodésie automatique |  Capteur Magnétique |
|  Capteur Radon       |  Capteur Sismique  |
|  Capteur Déformation |   |

# Le Sismomètre

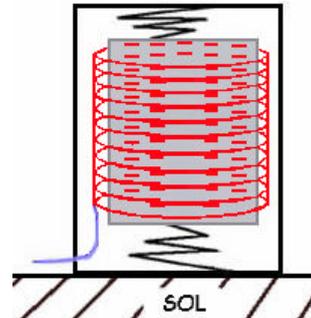
Les Séismes ou tremblements de terre sont engendrés par des forces internes provoquant une cassure de roche. Ils se propagent dans la Terre sous forme d'ondes. La sismologie étudie ces ondes, qui sont composées d'une large gamme de fréquences. Celles enregistrées à l'Observatoire s'étendent de 0,03 Hz à 30 Hz. Les sismomètres, appelés aussi géophones, sont les appareils qui mesurent la vitesse du sol.

Deux types de sismomètres sont utilisés :

- les sismomètres dit «longue période » détectent les basses fréquences entre 0,03 à 0,1 Hz. Celles-ci se propagent sur de grandes distances et peuvent être détectées loin du centre d'émission. Lors de séismes de fortes amplitudes, elles peuvent traverser la Terre entière.
- les sismomètres dit « courte période » détectent les hautes fréquences supérieures à 1 Hz, qui se propagent sur des distances beaucoup plus courtes, mais sont mieux adaptés à l'observation des séismes volcano-tectoniques de faible magnitude observée au piton de la Fournaise.

## Principe

Un sismomètre est composé d'un aimant (ici en gris) suspendu par des ressorts à ses extrémités à l'intérieur d'une bobine (en rouge). Lorsque des ondes sismiques arrivent au sismomètre, la bobine légère et solidaire du sol, suit ces vibrations. L'aimant, par inertie de sa masse et des ressorts, a une vibration propre, qui est beaucoup plus lente que celle de la bobine. Ceci entraîne une variation du champ magnétique dans la bobine et génère un courant induit alternatif. Ce courant, le signal, est amplifié et envoyé à l'Observatoire Volcanologique par voie hertzienne en temps réel. Puis le signal est traité électroniquement, enregistré par ordinateur,





et/ou transcrit graphiquement sur papier.

L'observatoire utilise 3 sortes de géophones :

- le sismomètre *longue période à monocomposante verticale*. Cette sonde ne mesure que la composante verticale de l'onde sismique, qui évolue dans les trois dimensions de l'espace, de période entre 10 et 30 secondes ou d'une fréquence de 0,1 à 0,03 Hz.

- le sismomètre *courte période à monocomposante verticale*. Ce sismomètre n'est sensible qu'aux périodes de moins d'une seconde donc de fréquences supérieures à 1 Hz.

- le sismomètre *courte période trois - composantes*. Il enregistre les fréquences supérieures à 1 Hz dans les trois dimensions du mouvement du sol.

## Le réseau sismologique

L'Observatoire volcanologique possède 19 sismomètres répartis sur et autour du volcan. Cette répartition est choisie

pour pouvoir déterminer avec précision les épicentres des séismes liés au volcan. Ceci permet :

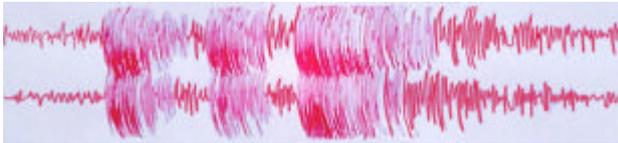
- un suivi permanent de l'activité sismique du volcan en temps de repos



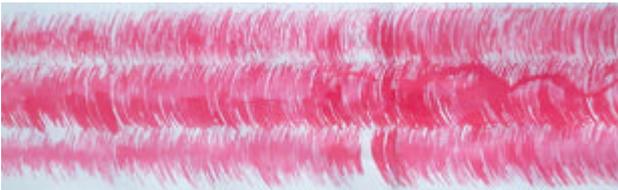
- d'observer les mouvements de magma sous le massif
- de localiser la mise en place des intrusions pendant les crises sismiques précédant les éruptions
- de distinguer les événements volcano-tectoniques des tremblements de terre régionaux qui ont lieu sous l'île ou dans ses environs
- de reconnaître les perturbations locales due aux effondrements du rempart, aux orages, aux hélicoptères et randonneurs sur le volcan

mais aussi de reconnaître les tremblements de terre qui se produisent parfois à des milliers de kilomètres.

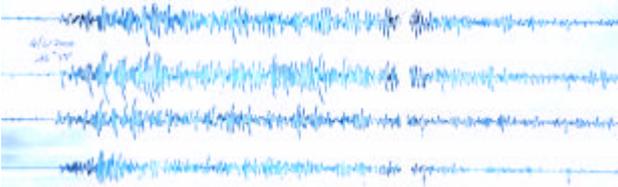
Puis l'étude des séismes, leur sismogramme, leur intensité, leur nombre et leur lieu, nous permettent d'évaluer les risques d'une éruption.



Trois séismes partiellement emboîtés de la crise sismique avant l'éruption du 14 Février 2000. La crise sismique avait duré 64 minutes avec un total de 261 séismes



Enregistrement du trémor, ici au début de l'éruption du 14 Février 2000. Il représente le tremblement du massif volcanique dû au flux du magma dans la cheminée volcanique et à la sortie du point d'éruption.



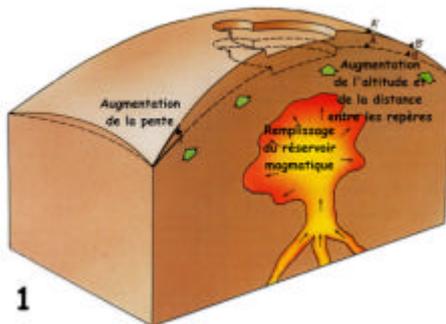
Tracé d'un séisme de magnitude de 7,9, qui avait eu lieu le 4 Juin 2000 à Sumatra, à environ 5600 km de l'île de la Réunion.

## Les capteurs de déformation

Un volcan est loin d'une masse inerte, mais il « vit » sous des forces internes. Une remontée de magma sous le massif, sous forme d'intrusions de dykes ou sills se manifeste par des déformations du massif, le volcan se dilate. Ces déformations se traduisent à la surface par des variations de la pente du cône, par des ouvertures des fissures, les distances entre deux repères changent et l'altitude varie. L'arrivée de magma provoque généralement un gonflement du volcan, l'ouverture et le début d'une éruption se manifeste souvent par un dégonflement. Ces variations sont très faibles et invisibles pour l'homme, mais peuvent être observées et suivies en temps réel grâce à des instruments modernes et constamment affinés. Il existent quatre capteurs de déformation :

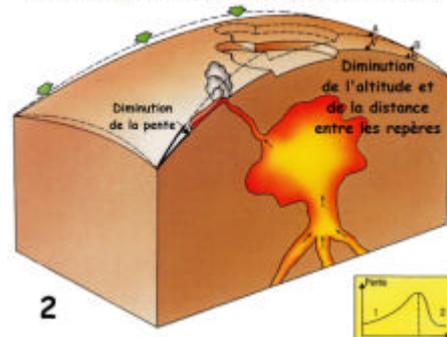
l'inclinomètre,  
l'extensomètre,  
le distancemètre  
et les récepteurs GPS.

La poussée du magma provoque un gonflement du volcan



1

Avec l'éruption, la déformation disparaît généralement

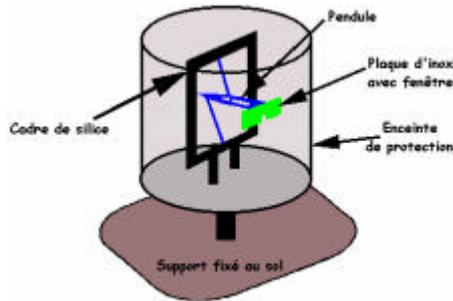


2

## Inclinomètre

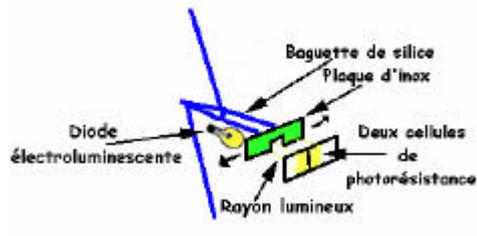
Chaque montée de magma ou intrusion, provoque une pression sur le massif, qui se traduit généralement par une inflation de la surface due à l'élasticité de la roche. Quand cette poussée disparaît lors de l'ouverture des fissures et de l'arrivée du magma à la surface, une déflation du cône peut être observée. Localement la situation peut être plus complexe lors d'injections magmatiques latérales.

### Principe

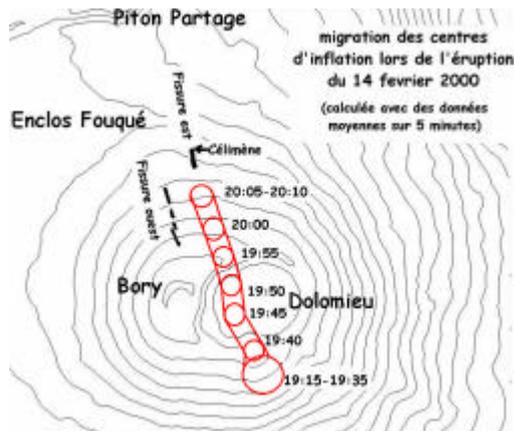
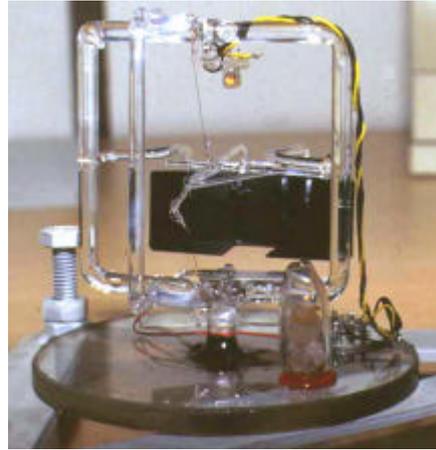


surface du volcan change, le nouvel équilibre du pendule est tel que le mouvement des deux photorésistances, solidaire du sol est négligeable par rapport de celui de la plaque d'inox. Aussi la zone éclairée sur les deux résistances se déplace, entraînant une variation de la tension mesurée entre elles, qui est fonction de la variation de l'inclinaison.

Les inclinomètres de type BLUM, utilisés au Piton de la Fournaise sont composés d'un pendule horizontal à suspension bifilaire avec une plaque inox, équipée d'une fenêtre, d'une association de deux photorésistances et d'une source lumineuse. Le rayon lumineux qui tombe à travers la fenêtre de la plaque inox éclaire une partie centrale des deux photorésistances. La suspension particulière du pendule transmet tout mouvement du sol à la plaque inox, amplifié par un facteur compris entre 50 et 1000. Lorsque l'inclinaison de la



En raison des variations importantes de températures au volcan, entre  $-10$  et  $+40^{\circ}\text{C}$  et de la sensibilité de ces instruments aux changements thermiques, le cadre, les fils et le pendule sont fabriqués en silice, qui possède un coefficient de dilatation thermique particulièrement faible. Les fils de suspension des pendules ne mesurent qu'une dizaine de microns de diamètre (1 micromètre = 0,001 mm). Ces instruments sont donc très fragiles, mais particulièrement sensibles. La photo à droite montre un inclinomètre installé sur le terrain. Les variations d'inclinaison détectable avec ces instruments sont inférieures à un microradian, ce qui correspond à une variation verticale de moins d'un millimètre sur une base d'un kilomètre de longueur. Les mesures sont effectuées toutes les minutes et transmises à l'observatoire par voie hertzienne toutes les 5 minutes.



Le réseau clinométrique au Piton de la Fournaise comprend 8 stations. Chaque inclinomètre est unidirectionnel. Pour cette raison tous les sites sont équipés de deux instruments, mesurant les composantes radiale et tangentielle, par rapport au sommet du volcan. Ainsi nous pouvons décrire les variations du sol dans les deux dimensions, x et y, et, lors des éruption, suivre les intrusions. Ceci ce fait en temps quasi-réel sur ordinateur à partir les données qui arrivent du terrain. Les centres d'inflations sont calculés et affichés sur écran. L'exemple ci-contre de l'éruption du 14 Février 2000 montre parfaitement le

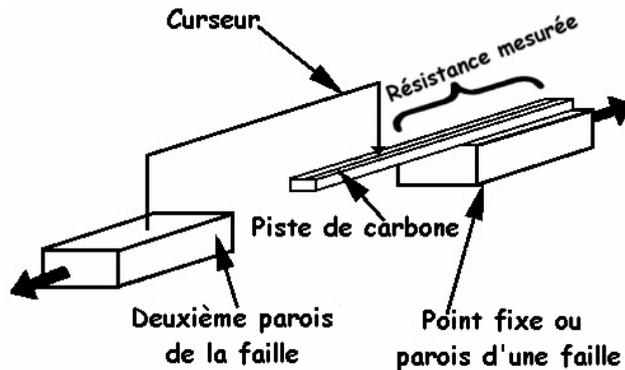
gonflement du sommet du Piton de la Fournaise sous la pression de l'intrusion magmatique. Le 14 Février, entre 19h15 et 19h35, l'inflation était située sous le bord sud du Dolomieu. A partir 19h40 elle se déplaçait sous le sommet vers le nord pour atteindre la surface au niveau du site du nouveau cratère principale, le Piton Célimène.

## Extensomètre

Les mouvements du volcan sont observés également sur le réseau de fissures existantes. Pour suivre ces mouvements, des «extensomètres» ont été installés sur certaines fissures centimétriques dans des dalles de basalte. Ils mesurent en permanence l'écartement des bords de la fissure, mais aussi le cisaillement et le décrochement, donc le mouvement en trois dimensions. Chaque site est donc équipé de trois instruments indépendants, voir figure page suivante. Deux types d'extensomètres sont utilisés.

### **Principe**

*-Extensomètre à piste de carbone :*

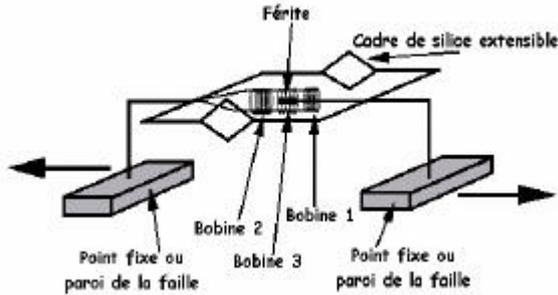


Ce type d'extensomètre utilise une résistance en carbone et un curseur, qui sont fixés de part et d'autre d'une fissure. Une variation de l'écartement (ouverture ou fermeture) de celle-ci déplace le curseur sur la piste de carbone et change la résistance mesurée.

Ainsi on est capable de détecter des déplacements du curseur de l'ordre de centième de millimètre.

Lors d'une éruption, des variations de plusieurs dizaines de millimètres peuvent se produire.

Des instruments identiques sont installés pour suivre le cisaillement et le décrochement des fissures.

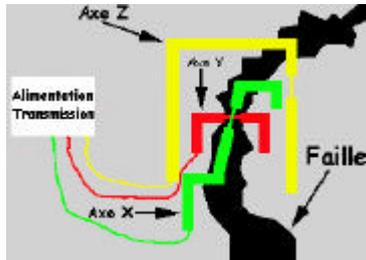


-Extensomètre de silice :

Pour ce type d'extensomètre, le déplacement est mesuré par un système de transformateur différentiel. Les bobines 1, 2 et 3 dans

la figure ci-dessous sont fixées sur un bord, la ferrite qui plonge dans les bobines est fixé sur l'autre bord de la fissure. Les bobines 1 et 2 sont branchées en série. Puis on applique un courant sinusoïdal à la bobine 3.

Par induction, un courant alternatif est engendré dans les bobines 1 et 2. Tant que la ferrite se trouve au milieu du système, les tensions au bord des bobines 1 et 2 s'annulent. Dès que elle se déplace légèrement par rapport aux bobines, les tensions



différent, on mesure un signal, qui varie en fonction du déplacement des bords de la fissure. On peut détecter



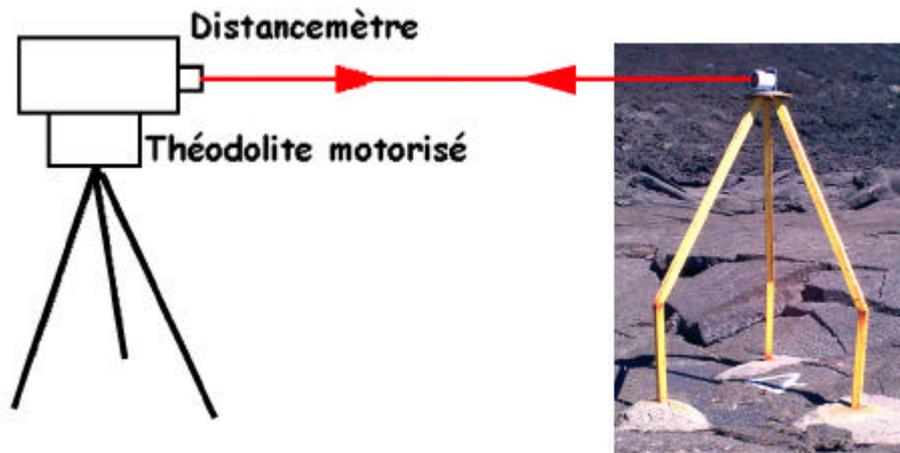
avec ces extensomètres des variation de 1/100 de millimètre.

Ici encore, trois extensomètres indépendants sont disposés sur chaque faille.

La plupart des composants de cet instruments sont fabriqués en silice, de là son nom, pour minimiser l'influence thermique sur l'appareil.

Les mesures sont effectuées toutes les minutes et envoyées vers l'observatoire volcanologique par radio toutes les 5 minutes. Ensemble avec les données inclinométriques, elles nous indiquent les zones d'extension ou compression du volcan, qui sont généralement identifiées par les inclinomètres comme des zones d'inflation ou de déflation, et permettent de suivre presque en temps réel les intrusions magmatiques sous le massif du volcan avant l'éruption.

## Distancemètre



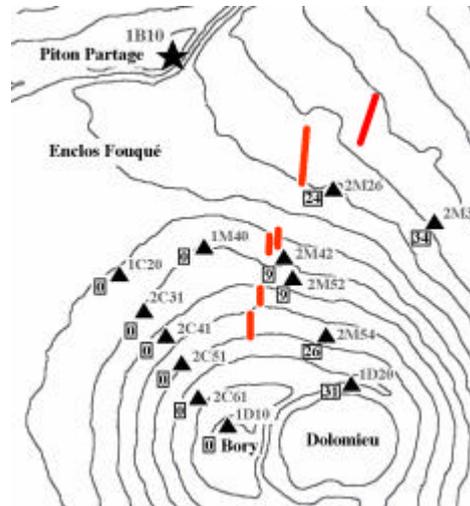
Le gonflement dû à une intrusion concerne pour la plupart des éruptions le cône principal du volcan. Lors de ce gonflement, les distances entre deux points du volcan à l'échelle de plusieurs centaines de mètres ou de kilomètres changent. Pour détecter ces variations, des distancemètres

(Wild DI 2500 geodimètre) avec une portée de plusieurs kilomètres sont installés à Piton Partage et Piton Bert et des rangées de catadioptrés (prismes réfléchissants) sont placés sur les flancs du volcan. Piton Partage et Piton Bert se trouvent sur le Rempart Fouqué et sont indépendants du cône volcanique actif, par contre les catadioptrés se déplacent avec les déformations du cône. On peut donc, par ces instruments, mesurer les mouvements du massif du volcan par rapport au bord fixe de la caldeira.

## Principe

Le distancemètre émet un rayon infrarouge d'une longueur d'onde de 905 nanomètres successivement vers les prismes, installés sur le flanc du volcan. Le temps de parcourt, aller et retour, est chronométré. Ainsi on peut déterminer la distance entre émetteur et réflecteur jusqu'à 4 km, avec une précision de 5 millimètres. Le théodolite motorisé vise automatiquement toutes les heures une quinzaine de prismes sur le terrain. Il optimise la visée pour avoir une intensité du rayon réfléchi maximal, ce qui permet une mesure précise, effectue les mesures, calcule les distances et transmet les données à l'observatoire. Bien sur, ce dispositif ne fonctionne plus dès que nuages ou brouillard empêchent la visibilité entre distancemètre et prismes sur le terrain.

L'exemple ci contre montre le flanc nord du Piton de la Fournaise entre Piton Partage et le sommet du volcan. Le distancemètre se trouve à Piton Partage (étoile), les prismes (triangles noirs) sont implantés sur le cône. En rouge sont représentées les fissures en échelon, qui se sont formées lors de l'éruption du 9 Mars 1998. Les chiffres encadrés indiquent les variations en centimètres des distances entre les prismes et Piton Partage. Toutes les prismes à l'est des fissures se sont éloignés jusqu'à 34 cm, tandis que les distances vers les prismes à l'ouest sont restées inchangées.



## Le système GPS (Global Positioning System)

Le récepteur GPS est un outil de navigation, qui permet de déterminer la position d'un point sur le globe à l'aide de signaux émis par 28 satellites, qui tournent autour de la Terre à une altitude de 20 000 km. Ces satellites sont équipés d'horloges atomiques, donc très précises, et émettent l'heure et leurs position par radio. Dès que les signaux de trois satellites sont reçu simultanément, une position dans l'espace peut être déterminée par triangulation. Les récepteur modernes travaillent avec 12 satellites en même temps, ce qui permet une localisation très précise. En fait les imprécisions des positions déterminées sont dues aux influences météorologiques et stratosphériques, qui varient par refraction la trajectoire linéaire du signal, donc allongent légèrement leurs temps de parcourt et par là induisent des erreurs.

Un simple récepteur de poche a une précision d'une dizaines de mètres et est suffisant pour effectuer des cartographies de coulées de lave en contournant leurs bords et en stockant plusieurs centaines voir milliers de points de localisations.

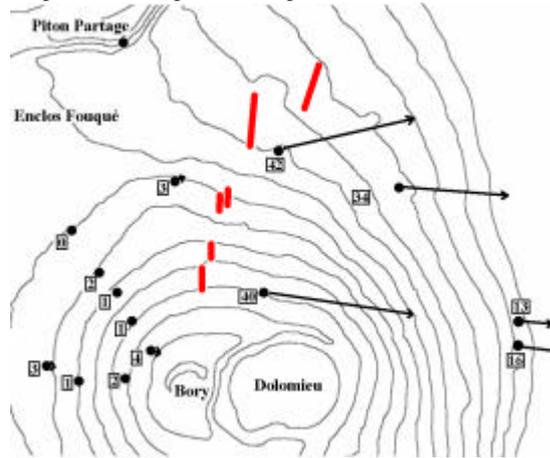
Ceci a été effectué pour les trois dernières coulées de Juillet et Septembre 1999 et de Février 2000 et permettait d'établir les contours des coulées avec des détails et une approche de la réalité sans précédent.

Pour suivre les déformations d'un volcan aussi bien à long terme (plusieurs mois) que lors des intrusions magmatiques (plusieurs minutes ou heures), des précisions beaucoup plus poussées sont nécessaire. Pour obtenir des mesures plus



exactes, on utilise le « GPS différentiel ». Un deuxième GPS est installé sur un point de référence, bien connu et qui sera toujours utilisé. Si les distances entre les deux GPS ne dépassent pas quelques kilomètres, on peut légitimement supposer que les influences météorologiques sont identiques pour les deux récepteurs. A partir des données du deuxième GPS et des logiciels d'ordinateur on peut ensuite corriger les données du premier GPS et déterminer des positions sur le terrain à moins d'un centimètre près, par rapport au point de référence, en longitude et l'latitude, aussi bien qu'en altitude. Ainsi nous sommes en mesure de suivre les mouvements du volcan en temps réel grâce à des GPS permanents ou suivre l'évolution du cône en effectuant des campagnes de mesures régulières.

Pour ceci nous déterminons à des intervalles de temps réguliers ou après chaque éruption les positions des points de repère sur le terrain.



Le graphe ci-contre montre les déplacements horizontaux en centimètre de quelques points entre 1997 et fin Mars 1998, donc après l'éruption du 9 Mars. Un graphe identique peut être dessiné pour les variations en altitude. Ces mesures par GPS sont en accord avec les valeurs de variations de distances (voir plus haut), mais elles ont l'avantage qu'on puisse déterminer le mouvement dans les trois dimensions de l'espace.

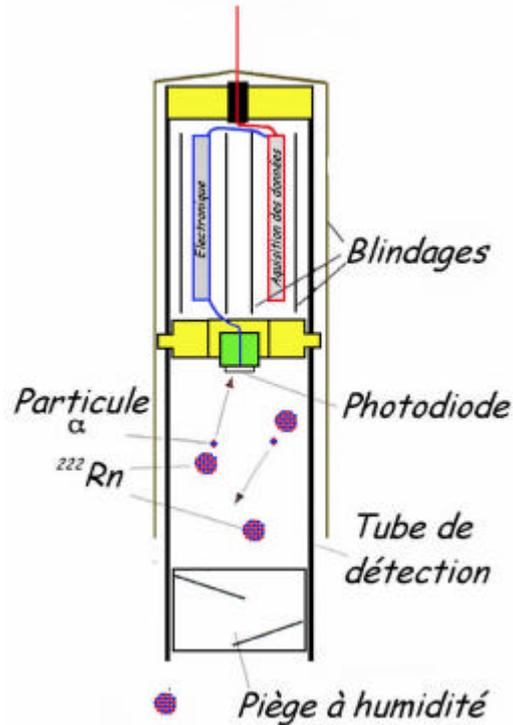
Pour ceci nous déterminons à des intervalles réguliers des points précis, marqués sur le terrain, à des intervalles réguliers ou après chaque éruption. Le graphe ci-dessous montre un exemple des variations sur le flanc nord du volcan entre une campagne de mesure en 1997 et après l'éruption du 9 Mars 1998.

Avec la même méthode on a pu démontrer que le bord est du cratère Dolomieu a migré environ 2 m vers l'est en 10 ans du aux intrusions des éruptions successives

## La sonde radon

Le radon est un élément radioactif provenant de la désintégration de l'uranium et du thorium. Il possède trois isotopes naturels,  $^{219}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  et  $^{222}\text{Rn}$ , mais seul le dernier, avec une durée de vie de 3,82 jours, vit suffisamment longtemps pour pouvoir jouer un rôle en géochimie. Il se désintègre en émettant une particule  $\alpha$ . Etant donné que l'uranium est présent, en faible quantité, dans toutes les matières naturelles, le radon se forme aussi dans le magma. Lors d'une montée magmatique un dégazage de celui-ci s'effectue par diminution de pression. Les gaz volcaniques, essentiellement du  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$ , s'échappent les premiers à travers des fissures du massif. Avec ces gaz majeurs, les gaz présents en trace, comme le radon, sont ramonés par le  $\text{CO}_2$  et sont supposés arriver à la surface avant le magma lui-même. L'observatoire volcanologique a installé 25 sondes de type « Clipperton » sur le massif du volcan, généralement dans les scories des fissures éruptives existantes, des endroits où on attend que les gaz volcaniques s'échappent de préférence.

Actuellement cette méthode de détection est encore en phase d'étude.



## Principe

Le radon est véhiculé à travers les fissures existantes par le  $\text{CO}_2$  et arrive à la surface du volcan par diffusion. Une faible quantité arrive dans le tube de détection de la sonde radon. Ces sondes sont équipées d'une photodiode, d'un préamplificateur et amplificateur, d'une électronique de comptage ainsi que d'un dispositif d'acquisition de données.

Si le radon se désintègre dans le tube de détection, la particule  $\alpha$  peut



sont récupérées immédiatement et traitées à l'observatoire.

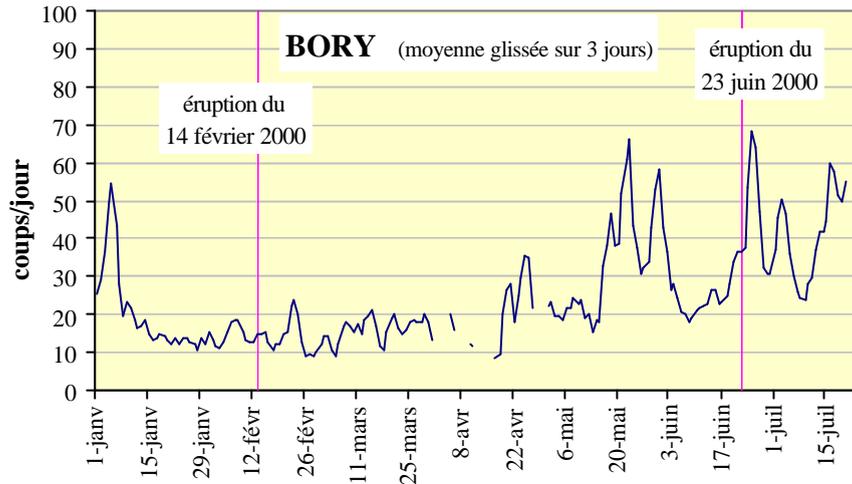
atteindre la photodiode. L'énergie cinétique de cette particule est transformée en impulsion électrique, qui est amplifiée, traitée et comptabilisée une par une dans la partie électronique. Le nombre de désintégrations par minute et heure est finalement stocké dans la partie acquisition. Six stations de radon sont équipées pour transmettre les données toutes les heures par voie hertzienne vers l'observatoire.

Dix-neuf stations sont autonomes : leurs mesures sont enregistrées dans la sonde sur le terrain et relevées toutes les quatre à six semaines à l'aide d'un ordinateur de poche. Lors de crises sismiques ou après une éruption, les données

Lors des éruption du 14 février et 23 juin 2000, les sondes de radon du Pas de Bellecombe et Bory ont montrées des pics jusqu'à 1 mois avant les éruptions respective, comme indiqué dans le graphe ci-dessous.

L'éruption du 14 février, qui donnait naissance au Piton Célimène sur le flanc nord avait, été annoncée depuis le 5 janvier par une montée brutale du radon, observée par les deux stations, puis le niveau de radon redescendait à un niveau normal.

L'éruption du 23 juin, donnant naissance au Piton Pârvédi sur le flanc sud-est, avait été



précédée depuis le 16 mai par une augmentation du taux de radon pendant 3 semaines, puis une deuxième augmentation depuis le 21 juin qui dure toujours.

## Le magnétomètre

La Terre possède un champs magnétique, qui peut être décrit dans un première approche comme dipolaire. A ce champs principale est superposé un champs magnétique non dipolaire. Son origine est partiellement extérieur, par des courants électriques dans la ionosphère, mais aussi interne due aux minéraux magnétiques dans les roches. Les basaltes à la Réunion par exemple sont ferromagnétiques, due à la forte présence de minéraux à la base de fer.

Les activités volcaniques comme remontée de magma et circulation de fluides



hydrothermaux engendre une modification du champs magnétique terrestre locale. Le magma par exemple est non-magnétique, il ne possède pas de champs magnétique propre. Donc une intrusion qui remonte vers la surface modifie localement le champs magnétique. D'autre sources de variations sont la circulation de fluides dans le massif, comme l'infiltration de la pluie, un changement de la nappe phréatique, les circulations hydrothermaux, activées par des intrusions. Finalement des perturbation sont occasionnées par le vent et le champs magnétique solaire et les éruptions sur le soleil.

## Principe

Le champ magnétique est mesuré par un magnétomètre. Celui-ci est composé d'un liquide contenant des ions, placé dans une bobine. Sous l'effet du champ terrestre, les ions oscillent autour d'une parallèle à celui-ci. Dans des intervalles d'une minute un courant intense est injecté dans la bobine, qui crée un champ magnétique très supérieur à celui de la Terre, les ions s'orientent alors selon ce nouveau champ. Puis le courant est coupé brusquement et les ions reviennent en position initiale en oscillant autour de celle-ci. Cette oscillation crée à son tour un courant dans la bobine dont la période est fonction du champ magnétique terrestre. Le champ magnétique terrestre à la Réunion est actuellement environ 37 800 nanoTesla (nT) et augmente une centaine de nT par an. Les sondes utilisées sur le volcan ont une résolution de 0,25 nanoTesla.

## Caméra de surveillance

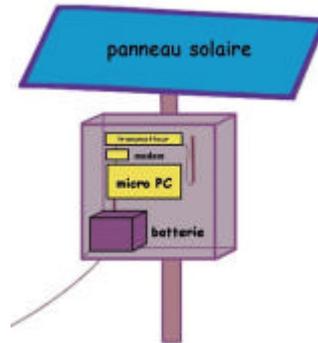
Deux caméras de surveillance sont implantées au nord et au sud du volcan. Elles sont dirigées vers le cône sommital et transmettent toutes les 10 minutes une image en couleur vers l'observatoire. En cas d'éruption, elle permettent une localisation précise du point d'émission des laves, mais indiquent aussi la direction et l'intensité des coulées et l'importance du panache.



## Alimentation des stations de surveillances

Tous les instruments implantés sur le terrain et qui servent à la recherche et la surveillance du volcan, sont construits d'après le même principe en quatre composants : capteur – mesure et acquisition – transmission – alimentation.

Les différents capteurs ont été décrits dans les chapitres précédents, il s'agit des sismomètres, inclinomètres, extensomètres, distancemètres + réflecteurs, sondes radon et magnétomètres.



Mesures et acquisition des données sont effectuées par un dispositif électronique particulier ou par un ordinateur de poche. Puis la plupart des données, acquies sur le terrain, sont transmises par voie hertzienne à l'observatoire volcanologique. Les signaux sismiques en temps réel, d'autres, comme les mesures du champ magnétique et les données inclinométriques toutes les 2 et 5 minutes. Les images du volcan arrivent toutes les 10 minutes et les données des sondes radon une fois dans l'heure. Pour cette transmission, les stations sont équipées d'un modem, l'intermédiaire entre acquisition et émetteur, et d'un émetteur classique avec antenne, qui envoie les données par ondes hertziennes.

Bien sûr tous ces appareils ont besoin d'énergie électrique. Elle est fournie par des panneaux solaires et l'intermédiaire des batteries de

12 Volts. La capacité des batteries est calculée de façon qu'elles assurent une autonomie des stations d'une dizaine de jours sans soleil. Ceci permet le fonctionnement des stations la nuit et les journées avec une couverture de nuages trop denses pour le bon fonctionnement des panneaux solaires. Puis, pendant les heures d'ensoleillement, les panneaux solaires rechargent les batteries. Ainsi nous sommes en mesure de suivre l'activité volcanique en permanence, jour et nuit, pendant les cyclones, qui plongent le volcan parfois pendant une semaine ou plus sous une chape de nuages et de pluies diluviennes

## CONCLUSION

La surveillance du Piton de la Fournaise est assurée par quatre réseaux :

- le réseau sismologique
- les déformation
- le réseau radon
- le réseau magnétique

Les réseaux fonctionnent en continu, 24h/24 et 365 jours par an. Ils comportent un total d'environ 100 instruments pour 35 sites différents sur le massif du Piton de la Fournaise. Les instruments sont entretenus, réparés et constamment perfectionnés par les techniciens et le bon fonctionnement des réseaux est vérifié tous les jours par le personnel de l'observatoire.

Le flot de données enregistré à l'observatoire et dépouillé quotidiennement, a permis dans le passé de prévoir toutes les éruptions depuis la création de l'observatoire. L'analyse des données et les recherches expérimentales menées à l'observatoire et à l'Institut de Physique du Globe de Paris ont amélioré notre compréhension des mécanismes éruptifs des volcans. En retour, ces connaissances ont servies à perfectionner les méthodes de surveillance et les prévisions des éruptions.

La Plaine des Cafres, le 25 juillet 2000

Jean Batiste Feriot  
Thomas Staudacher  
Louis Philippe Ricard